

日本国特許庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

S. Ishikawa

4/11/01

Q 64059

1 of 1



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 4月18日

出願番号

Application Number:

特願2000-117008

出願人

Applicant(s):

日本電気株式会社

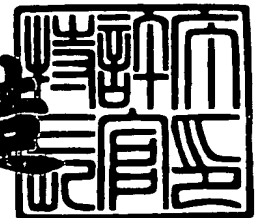
#3

13 Jul 01  
R. Talbot

2001年 3月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3015519

【書類名】 特許願  
【整理番号】 74810310  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 C30B 25/14  
H01L 29/78  
H01L 21/31

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号  
本電気株式会社内

日

【氏名】 石川 重男

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100082935

【弁理士】

【氏名又は名称】 京本 直樹

【電話番号】 03-3454-1111

【選任した代理人】

【識別番号】 100082924

【弁理士】

【氏名又は名称】 福田 修一

【電話番号】 03-3454-1111

【選任した代理人】

【識別番号】 100085268

【弁理士】

【氏名又は名称】 河合 信明

【電話番号】 03-3454-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008279

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9115699

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 膜形成方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同一反応ガスを少なくとも 5 倍の流量差によりチャンバー内に導入する為の、小流量ガスラインと大流量ガスラインを有するプラズマ C V D 装置を用いて基板上に膜を形成する方法において、前記小流量ガスラインからのガスを前記大流量ガスラインからのガスより先に前記チャンバー内に導入することを特徴とする膜形成方法。

【請求項 2】 前記小流量ガスラインからのガスを前記大流量ガスラインからのガスより 1 ～ 1 0 秒先に前記チャンバー内に導入する請求項 1 記載の膜形成方法。

【請求項 3】 前記基板の中心部に前記ガスラインのノズルを向けて前記反応ガスを流す請求項 1 記載の膜形成方法。

【請求項 4】 前記小流量ガスラインからのガスを前記基板の中心部の上部から導入し前記基板の中心部から膜を形成する請求項 1 記載の膜形成方法。

【請求項 5】 前記反応ガスは S i を含む化合物のガスである請求項 1 記載の膜形成方法。

【請求項 6】 前記 S i を含む化合物のガスは S i H<sub>4</sub>又は S i F<sub>4</sub>又はテトラエトキシシリケートである請求項 5 記載の膜形成方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体装置の製造工程において用いられるプラズマ C V D 装置を用いる膜形成方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、 L S I の微細化に伴いプラズマ C V D 装置を用いて形成したゲート酸化膜の破壊が問題になってきている。特にプラズマ C V D 装置による膜形成は、高アスペクト比の埋め込みのためのプラズマ密度の高い H D P ( H i g h d e n

s i t y p l a s m a) C V D が使用され始め、プラズマ中の電子やイオンによるゲート酸化膜の破壊が大きくなってきている。

### 【0003】

従来プラズマCVD装置を用いて酸化膜を形成する場合は、チャンバー（反応室）内へ $O_2$ , Ar,  $N_2$ ガス等を導入したのち、RFパワーを導入してプラズマを安定化し、次いで $SiH_4$ ,  $SiF_4$ , TEOS（テトラエトキシシリケート）を導入するか、RFパワー導入と同時に、 $SiH_4$ ,  $SiF_4$ , TEOSを導入するのが一般的であった。

### 【0004】

図3はHDP-CVD装置のチャンバーの一例の構成図である。以下一般的な $SiO_2$ 膜の形成方法について説明する。

### 【0005】

チャンバーの構成は、セラミックドームにソースコイル25を巻き、これに高周波電源19によりパワーを印加させることによりソースプラズマを発生させる。またウエハー26を載せるステージ23はESC（Electric Static Chuck）を有し、同時に高周波電源20によりパワーが印加出来るようにしてある。チャンバーの排気口24にはターボポンプが接続されており、ガスノズル21, 22から反応ガスが流される構成となっている。

### 【0006】

図2は従来のガスを導入するタイミング図である。酸化膜の形成は、ウエハー26をチャンバー内に搬入しステージ23上においたのち、 $O_2$ ガス配管2, 5とArがガス配管3, 6よりガスを同時にチャンバー内に導入する。ガスの流量が安定したのち高周波電源19より高周波を印加しソースコイル25よりプラズマを印加させる。このプラズマ印加によりウエハー26の温度が上昇し200～400℃に達したら、 $SiH_4$ ガス配管1, 4より同時にチャンバー内に $SiH_4$ ガスを導入し、次いでステージ側高周波源20よりバイアスを印加させる。高周波源20による印加は $SiH_4$ ガスをチャンバー内に導入するのと同様または数秒後に行う。また $SiH_4$ ガス配管1, 4のガス流量は成膜を均一に行うため、それぞれのガス配管に接続されたマスフローコントローラ（MFC）7, 1

3により異なる流量が設定されている。特に $\text{SiH}_4$ ガス配管1のガス流量は、ウエハー26上に均一な膜を形成するものでありその流量は、 $\text{SiH}_4$ ガス配管1が10SCCM、 $\text{SiH}_4$ ガス配管4が70SCCMというように、 $\text{SiH}_4$ ガス配管1は $\text{SiH}_4$ ガス配管4の流量に比べ $1/5 \sim 1/10$ 程度の流量しか流されない。この様な場合ウエハー26に成膜される膜厚が100nm以上の場合においては、ウエハーに成膜される膜厚のばらつきは大幅に改善されていた。

## 【0007】

しかしながらガスノズル21, 22を複数にしても、ウエハー26上に形成される初期膜（膜厚が10nm以下）では、大流量のガスを吹き出すガスノズル22の付近から形成されることから、膜はウエハーの外周部から形成されやすかった。

## 【0008】

このように、成膜初期段階においてウエハーに膜が不均一に成膜され、特にウエハー外周部から成膜される場合、成膜初期段階においてウエハー面内のチャージ（電子やイオン）の注入量が大きく異なり、特にウエハー中心部のチップ領域に形成されるゲート酸化膜の絶縁破壊を引き起こす原因となっていた。

## 【0009】

この様にして成膜されて作成されたトランジスタのゲート耐圧を図5に示す。図5には半導体素子上にパターニングされた配線長が $320\mu\text{m}$ 、 $20320\mu\text{m}$ 、 $80320\mu\text{m}$ 及び $320320\mu\text{m}$ のトランジスタのゲート耐圧が示されている。

## 【0010】

通常ゲートリーク電流は、2.5V印加時 $10^{-12}\text{A}$ 以下であるが、従来の方法で形成されたゲート酸化膜を使用した場合は、ゲート耐圧が劣化し $10^{-12}\text{A}$ 以上の電流が流れる。またそのゲート耐圧の劣化は、酸化膜を形成する半導体素子上にパターニングされた配線長が長い程劣化が激しいことがわかる。

## 【0011】

## 【発明が解決しようとする課題】

上述したように従来のプラズマCVD装置を用いて酸化膜を形成する場合、初

期段階の膜形成方法がゲート酸化膜を破壊するという問題点があった。ガスノズルを追加し膜厚を均一化してもこの問題の改善はみられなかった。

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は、ゲート酸化膜の耐圧劣化を引き起こさないプラズマ酸化膜の形成方法を提供することにある。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

本発明の膜形成方法は、同一反応ガスを少なくとも5倍の流量差によりチャンバー内に導入する為の、小流量ガスラインと大流量ガスラインを有するプラズマCVD装置を用いて基板上に膜を形成する方法において、前記小流量ガスラインからのガスを前記大流量ガスラインからのガスより先に前記チャンバー内に導入することを特徴とするものである。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

次に本発明について図面を参照して説明する。図1は本発明の実施の形態を説明する為のガスを導入するタイミング図である。以下図3のチャンバーの構成図を併用して説明する。

【 0 0 1 5 】

図3を参照すると使用するプラズマCVD装置のチャンバーは、セラミックドームにソースコイル25を巻き、これに高周波電源19によりパワーを印加させることによりソースプラズマを発生させる。またウエハー26を載せるステージ23はESCを有し、同時に高周波電源20によりパワーが印加出来るようにしてある。チャンバーの排気口24にはターボポンプが接続されており、小流量のガスを流すガスノズル21はステージ23の中心部上に設けられ、また大流量のガスを流すガスノズル22はステージ23の周辺部上に設けられその先端はウエハー26の中心部に向けられている。

【 0 0 1 6 】

なお図3において7はSiH<sub>4</sub>ガスMFC、8はO<sub>2</sub>ガスMFC、9はArガスMFC、10はSiH<sub>4</sub>ガスバルブ、11はO<sub>2</sub>ガスバルブ、12はArガスバルブ

ブ、13は $\text{SiH}_4$ ガスMFC、14は $\text{O}_2$ ガスMFC、15はArガスMFC、16は $\text{SiH}_4$ ガスバルブ、17は $\text{O}_2$ ガスバルブ、18はArガスバルブである。

## 【0017】

酸化膜の形成は図1に示したタイミング図の様に、ウエハー26をチャンバー内のステージ23上においたのち $\text{O}_2$ ガス配管2、5とArガス配管3、6より $\text{O}_2$ とArガスを同時にチャンバー内に導入する。ガスの流量が安定したのち高周波電源19より高周波を印加し、ソースコイル25よりプラズマを印加させる。このプラズマ印加によりウエハー26の温度が上昇し200～400℃に達したら $\text{SiH}_4$ ガス配管1から $\text{SiH}_4$ ガスをチャンバー内に導入し、次いで1～10秒後に $\text{SiH}_4$ ガス配管4から $\text{SiH}_4$ ガスをチャンバー内に導入する。

## 【0018】

またステージ側の高周波電源20によりバイアスを印加させるが、高周波電源20によるバイアスの印加は、 $\text{SiH}_4$ ガス配管1から $\text{SiH}_4$ ガスをチャンバー内に導入したのち $\text{SiH}_4$ ガス配管4より $\text{SiH}_4$ ガスを導入するまでの間に行うか、または $\text{SiH}_4$ ガス配管4から $\text{SiH}_4$ ガスを導入したあとに行う。

## 【0019】

$\text{SiH}_4$ ガス配管1、4より導入するガスの流量は膜厚を均一にするためそれぞれのガス流量は各配管に接続されたMFC7、13により異なる流量が設定される。特に $\text{SiH}_4$ ガス配管1のガス流量は、ウエハー26上に均一な膜を形成するものでありその流量は、 $\text{SiH}_4$ ガス配管1が10SCCM、 $\text{SiH}_4$ ガス配管4が70SCCMというように、 $\text{SiH}_4$ ガス配管1は $\text{SiH}_4$ ガス配管4の流量に比べ1/5～1/10程度の流量しか流さないようにする。

## 【0020】

本実施の形態のように小流量用のMFC7を有するガス配管から $\text{SiH}_4$ ガスをガスノズル21を介して流すことにより、ウエハー26に形成される初期膜（膜厚10nm以下）では、小流量のガスノズル21付近、すなわちウエハーの中心部から成膜され、その後大流量用のMFC13を有するガス配管からガスノズル22を介して $\text{SiH}_4$ ガスを流すことにより、成膜初期段階においてウエハー



に膜が不均一（特に外周部からの成膜による）に形成されることが緩和され、その後ガスノズル 2 2 から導入されたガスにより形成される膜の膜厚均一性も従来と同様の均一性が得られる。

#### 【 0 0 2 1 】

このように、特に成膜初期にウエハー中心部から酸化膜が形成される場合、成膜初期段階においてウエハー内の各チップ領域へのチャージの注入量が大きく異なることがなくなるため、ゲート酸化膜が絶縁破壊を引き起こすことがなくなる。このようにして形成された酸化膜を有するトランジスタのゲート耐圧を図 4 に示す。

#### 【 0 0 2 2 】

図 4 には半導体素子上にパターニングされた配線長が  $320\mu\text{m}$ 、 $20320\mu\text{m}$ 、 $80320\mu\text{m}$ 、 $320320\mu\text{m}$  のトランジスタのゲート耐圧が示されている。通常ゲートリーク電流は  $2.5\text{V}$  印加時  $10^{-12}\text{A}$  以下であるが、本実地の形態で形成される酸化膜を使用した場合は、図 5 に示した様に従来の方法で形成した酸化膜を用いたトランジスタに比べ、ゲート耐圧が大幅に改善されていることが分かる。

#### 【 0 0 2 3 】

なお、上記実施の形態では、大流量のガスを流すガスノズル 2 2 からのガスの導入を小流量のガスを流すガスノズル 2 1 からのガスの導入より  $1\sim 10$  秒間遅らせたが、 $1$  秒以下では従来と同様に膜形成がウエハーの外周部より始まり、また  $10$  秒以上ではガスノズル 2 2 から  $\text{SiH}_4$  ガスが導入されるまでの間に形成される初期酸化膜の膜質が悪化し、酸化膜の絶縁破壊が生じるため適当ではない。また上記実施の形態においては、ガスノズル 2 1 を介して小流量の  $\text{SiH}_4$  ガスをウエハー 2 6 の中央部に流す方法について説明したが、ガスノズル 2 1 をウエハー 2 6 の中央部より少しづらしてガスを流した場合でもゲート耐圧は図 5 に示した従来のものより大幅に改善された。

#### 【 0 0 2 4 】

#### 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、小流量ガスラインからのガスを大流量ガ

スラインからのガスより先にチャンバー内に導入し、しかもウェハー中央部から成膜されるようなガスの流し方を行うことにより、ゲート酸化膜の耐圧劣化を引き起こさない半導体素子が得られるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

実施の形態を説明するためのガスを導入するタイミング図。

【図 2】

従来の膜形成方法を説明するためのガスを導入するタイミング図。

【図 3】

プラズマ C V D 装置のチャンバーの構成図。

【図 4】

実施の形態により得られたトランジスタのゲート電流と累積故障率との関係を示す図。

【図 5】

従来の膜形成方法で得られたトランジスタのゲート電流と累積故障率との関係を示す図。

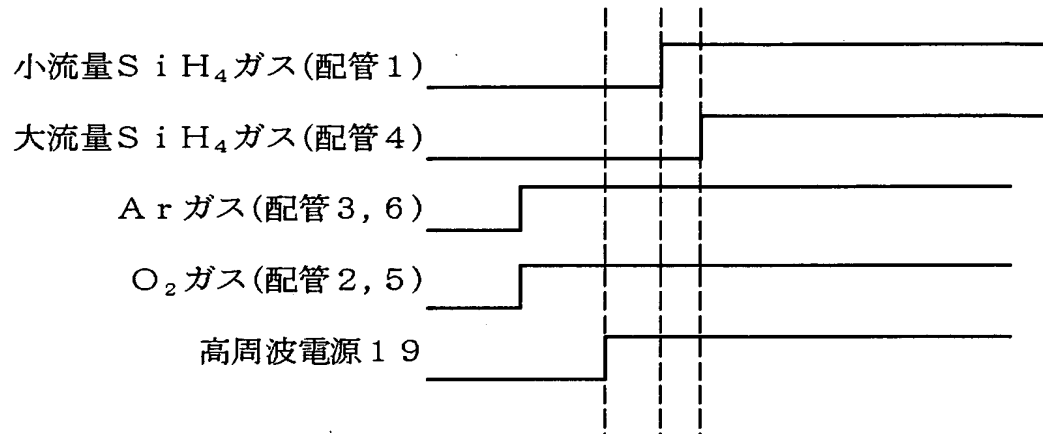
【符号の説明】

- 1     S i H<sub>4</sub> ガス配管
- 2     O<sub>2</sub> ガス配管
- 3     A r ガス配管
- 4     S i H<sub>4</sub> ガス配管
- 5     O<sub>2</sub> ガス配管
- 6     A r ガス配管
- 7     S i H<sub>4</sub> ガス M F C
- 8     O<sub>2</sub> ガス M F C
- 9     A r ガス M F C
- 1 0    S i H<sub>4</sub> ガスバルブ
- 1 1    O<sub>2</sub> ガスバルブ
- 1 2    A r ガスバルブ

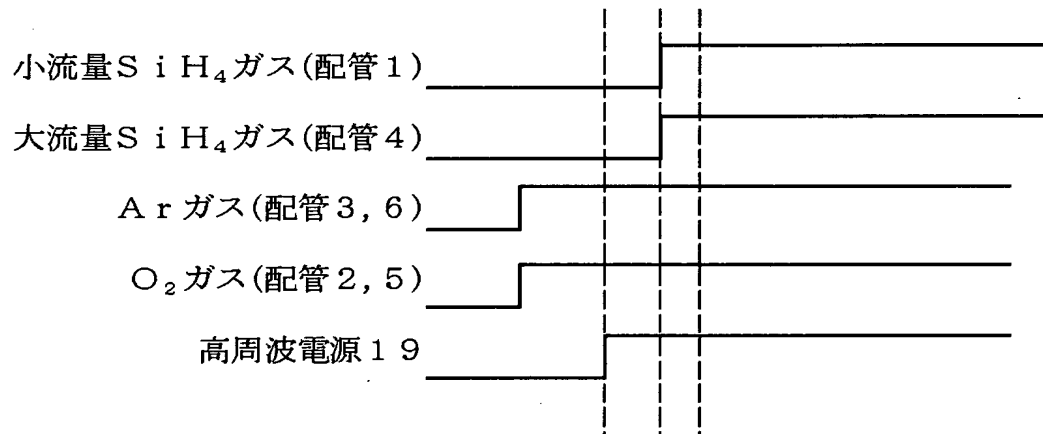
- 1 3     S i H<sub>4</sub>ガスMFC
- 1 4     O<sub>2</sub>ガスMFC
- 1 5     A r ガスMFC
- 1 6     S i H<sub>4</sub>ガスバルブ
- 1 7     O<sub>2</sub>ガスバルブ
- 1 8     A r ガスバルブ
- 1 9     高周波電源
- 2 0     高周波電源
- 2 1     ガスノズル
- 2 2     ガスノズル
- 2 3     ステージ
- 2 4     排気口
- 2 5     ソースコイル
- 2 6     ウエハー

【書類名】 図面

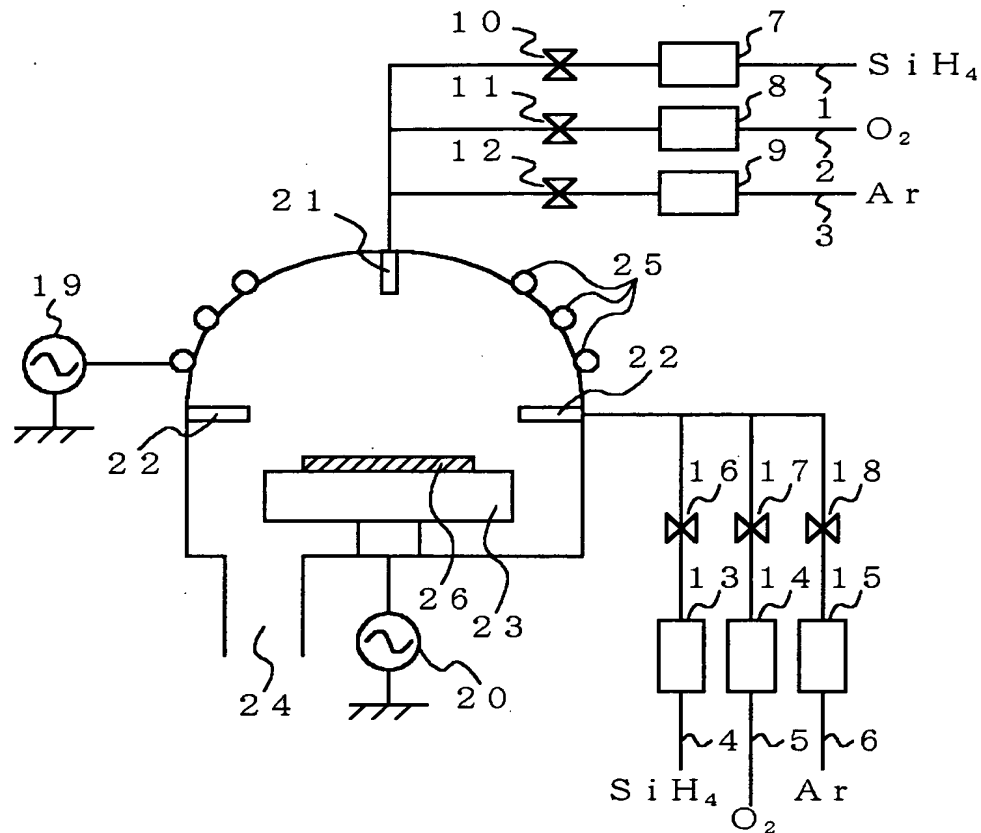
【図1】



【図2】

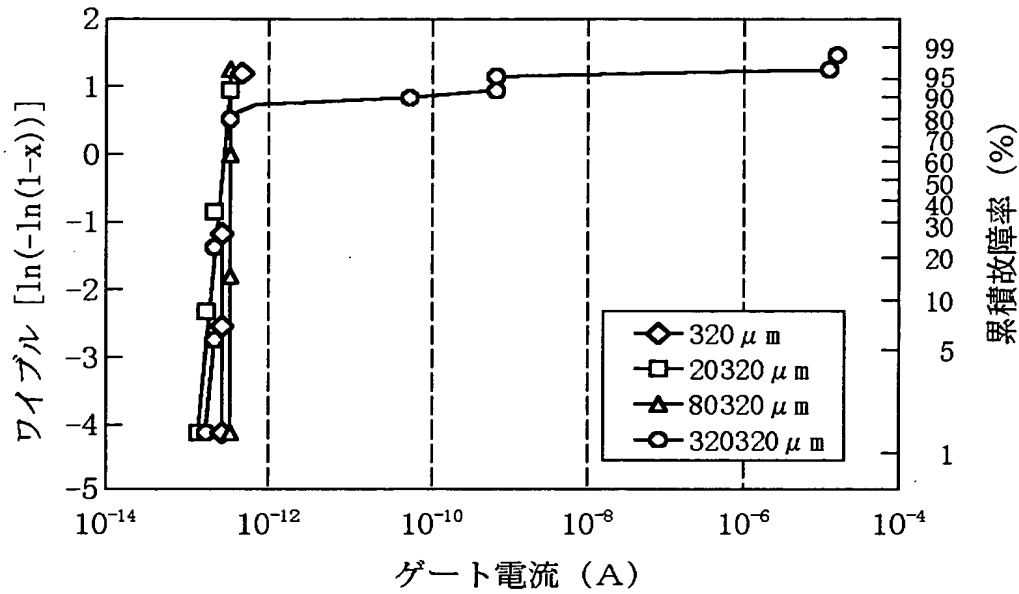


【図3】

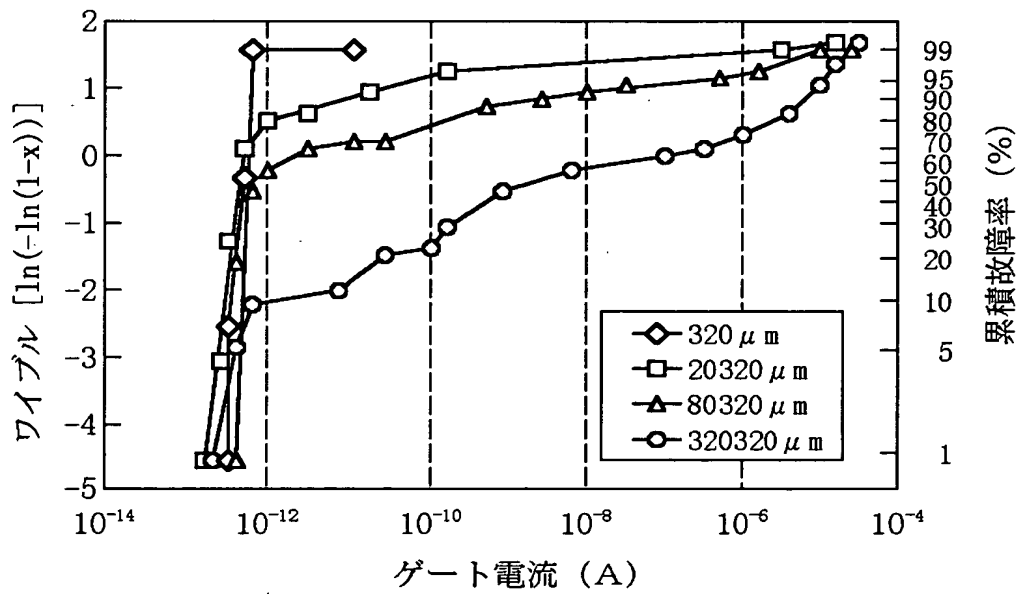


- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. $\text{SiH}_4$ ガス配管   | 14. $\text{O}_2$ ガスMFC   |
| 2. $\text{O}_2$ ガス配管     | 15. ArガスMFC              |
| 3. Arガス配管                | 16. $\text{SiH}_4$ ガスバルブ |
| 4. $\text{SiH}_4$ ガス配管   | 17. $\text{O}_2$ ガスバルブ   |
| 5. $\text{O}_2$ ガス配管     | 18. Arガスバルブ              |
| 6. Arガス配管                | 19. 高周波電源                |
| 7. $\text{SiH}_4$ ガスMFC  | 20. 高周波電源                |
| 8. $\text{O}_2$ ガスMFC    | 21. ガスノズル                |
| 9. ArガスMFC               | 22. ガスノズル                |
| 10. $\text{SiH}_4$ ガスバルブ | 23. ステージ                 |
| 11. $\text{O}_2$ ガスバルブ   | 24. 排気口                  |
| 12. Arガスバルブ              | 25. ソースコイル               |
| 13. $\text{SiH}_4$ ガスMFC | 26. ウエハー                 |

【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】酸化膜の形成がウエハー外周部から始まるため、ウエハー面内のチャージの注入量が大きく異なり、ゲート酸化膜の絶縁破壊を起こす原因となっていた。

【解決手段】同一反応ガスを少なくとも5倍の流量差によりチャンバー内に導入する為の、小流量ガスラインと大流量ガスラインを有するプラズマCVD装置を用いて基板上に膜を形成する方法において、前記小流量ガスラインからのガスを前記大流量ガスラインからのガスより先に前記チャンバー内に導入する。

【選択図】 図1

特2000-117008

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-117008
受付番号	50000489717
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年 4月19日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 4月18日
-------	-------------

次頁無



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社